

**Method of controlling a fuel-injection solenoid valve, involves activating a further booster pulse, after the first booster pulse is activated at the commencement of the pick-up phase, before or during movement of the valve needle**

**Patent number:** DE10014228  
**Publication date:** 2001-09-27  
**Inventor:** REISCHL ROLF (DE); EICHENDORF ANDREAS (DE);  
PISCHKE ULF (DE); ECKHARDT JUERGEN (DE);  
MUELLER KLAUS (DE)  
**Applicant:** BOSCH GMBH ROBERT (DE)  
**Classification:**  
- international: **F02D41/20; F02D41/20;** (IPC1-7): H01F7/18;  
F02D41/20  
- european: F02D41/20  
**Application number:** DE20001014228 20000322  
**Priority number(s):** DE20001014228 20000322

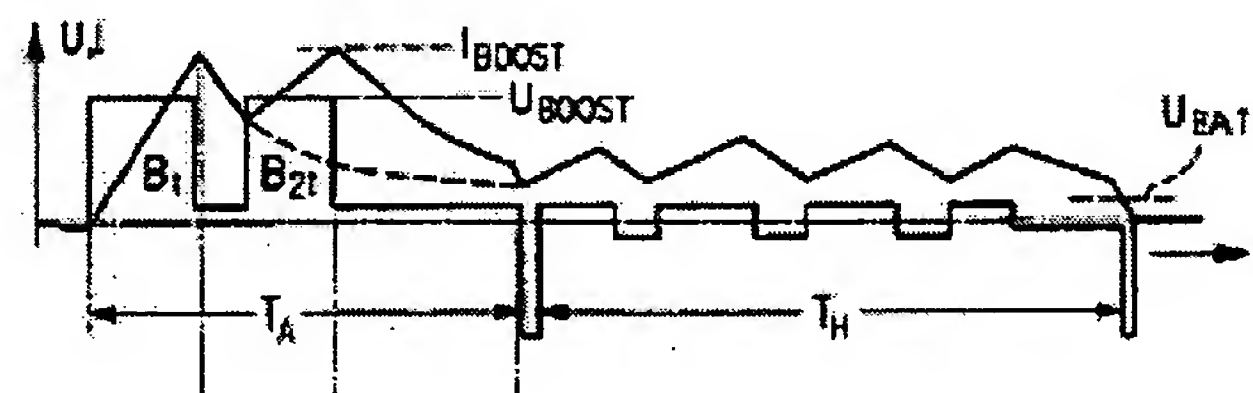
Also published as:

WO0171174 (A1)  
EP1185773 (A1)  
US6785112 (B2)  
US2003010325 (A1)  
EP1185773 (B1)

[Report a data error here](#)

**Abstract of DE10014228**

For improved dynamics of the solenoid valve by avoiding the magnetic force falling from its maximum value as the valve needle moves, during the control phase of the solenoid valve several boost pulses (B1, B21) etc are activated sequentially and have their time position freely selectable within the control phase.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 14 228 A 1**

⑦1 Aktenzeichen: 100 14 228.1  
⑦2 Anmeldetag: 22. 3. 2000  
⑦3 Offenlegungstag: 27. 9. 2001

⑦5 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 01 F 7/18**  
F 02 D 41/20

DE 100 14 228 A 1

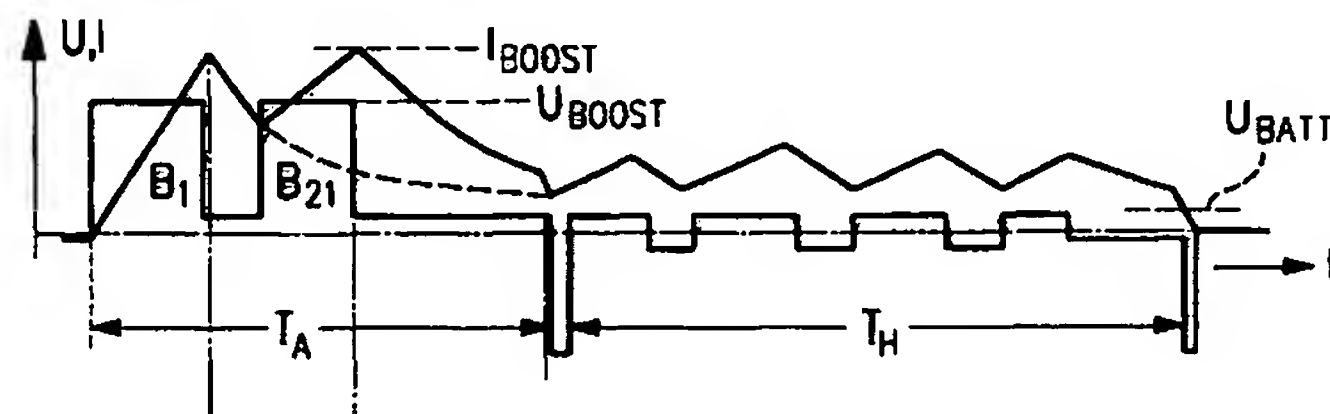
⑦1 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:  
Reischl, Rolf, 70499 Stuttgart, DE; Eichendorf,  
Andreas, Dr., 73614 Schorndorf, DE; Pischke, Ulf,  
70563 Stuttgart, DE; Eckhardt, Juergen, 71706  
Markgröningen, DE; Mueller, Klaus, Dr., 71679  
Asperg, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑦4 Verfahren und Vorrichtung zur Ansteuerung eines Kraftstoffeinspritzventils

⑦5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ansteuerung eines Magnetventils zur Kraftstoffeinspritzung in eine Brennkraftmaschine, wobei die Ansteuerphase des Magnetventils in eine Anzugsphase ( $T_A$ ), während der eine Ventalnadel des Magnetventils durch eine erste durch eine Magnetspule desselben fließende Stromstärke ( $I_A$ ) zum Öffnen gebracht wird und in eine Haltephase ( $T_H$ ) unterteilt ist, während der die Ventalnadel im geöffneten Zustand durch eine zweite, geringere durch die Magnetspule fließende Stromstärke ( $I_H$ ) gehalten wird und wobei wenigstens einmal zu Beginn der Anzugsphase ( $T_A$ ) eine Boosterphase ( $B_1$ ) aktiviert wird, bei der ein impulsförmiger Boosterstrom ( $I_{BOOST}$ ) aus einem auf eine hohe Spannung ( $U_{BOOST}$ ) aufgeladenen Boosterkondensator durch eine Magnetspule fließt, und ist dadurch gekennzeichnet, dass während der Ansteuerphase des Magnetventils mehrere Boosterimpulse ( $B_1, B_{21}, B_{22}$ ) nacheinander aktiviert werden, deren zeitliche Lage innerhalb der Ansteuerphase frei wählbar ist (Figur 3A-3C).



DE 100 14 228 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ansteuerung eines Magnetventils, insbesondere zur Kraftstoffeinspritzung in eine Brennkraftmaschine, wobei die Ansteuerphase des Magnetventils in eine Anzugsphase, während der eine Ventalnadel des Magnetventils durch eine erste durch eine Magnetspule desselben fließende Stromstärke zum Öffnen gebracht wird und in eine Haltephase unterteilt ist, während der die Ventalnadel im geöffneten Zustand durch eine zweite, geringere durch die Magnetspule fließende Stromstärke gehalten wird und wobei wenigstens einmal zu Beginn der Anzugsphase eine Boosterphase aktiviert wird, bei der ein impulsförmiger Boosterstrom aus einem auf eine hohe Spannung aufgeladenen Boosterkondensator bzw. einer sonstigen Stromquelle durch die Magnetspule fließt.

Ein derartiges Verfahren und eine derartige Vorrichtung ist aus der DE 197 46 980 A1 der Robert Bosch GmbH bekannt.

Die beiliegenden Fig. 1 und 2 zeigen in Form von Signaldiagrammen den Verlauf der Spannung und des Stroms an einer bzw. durch eine Magnetspule eines Einspritzventils während einer Ansteuerphase, die sich aus einer Anzugsphase  $T_A$  und einer Haltephase  $T_H$  zusammensetzt und zwar Fig. 1 für den Fall, dass die Versorgungsbatterie normales Spannungsniveau, z. B.  $U_{BATT} = 14\text{ V}$  hat, und Fig. 2 für den Fall, dass die Versorgungsbatterie ein zu niedriges Spannungsniveau kleiner als z. B.  $14\text{ V}$  aufweist.

Gemäß Fig. 1 erreicht der Strom nach dem anfänglichen durch eine erste Boosterphase  $B_1$  mit großer Boosterspannung  $U_{BOOST}$  bewirkten Strommaximum  $I_{BOOST}$  ein Anzugsstromniveau  $I_A$ , durch das die Ventalnadel des Magnetventils anziehen kann. Es ist deutlich, dass die Boosterspannung  $U_{BOOST}$ , die während der Boosterphase  $B_1$  dem Magnetventil aufgeschaltet wird, viel größer ist als die Batteriespannung  $U_1$ . Während der Anzugsphase  $T_A$  wird das Anzugsstromniveau  $I_A$  durch mehrmaliges Aufschalten der Batteriespannung  $U_{BATT}$  auf die Magnetspule geregelt. Der Anzugsphase  $T_A$  folgt zunächst eine kurze Freilaufphase oder eine Schnelllöschung, während der der Strom durch die Magnetspule des Einspritzventils sehr schnell abnimmt, und ein Haltestromniveau  $I_H$  erreicht, welches während der Haltephase  $T_H$  durch wiederholtes impulsförmiges Aufschalten der Batteriespannung  $U_{BATT}$  auf ein Sollniveau geregelt wird. Am Ende folgt der Haltephase  $T_H$  wieder eine Freilaufphase oder Schnelllöschung, an deren Ende der Strom durch die Magnetspule komplett abgebaut wird.

Fig. 2 zeigt nun den Fall, dass die Ventalnadel während der Anzugsphase  $T_A$  wegen einer zu geringen Batteriespannung  $U_{BATT2}$  (Fig. 2)  $< U_{BATT}$  (Fig. 1) nicht anziehen kann. Somit kann insbesondere bei niedriger Batteriespannung bei gegebenem Ohmschem Widerstand im Stromkreis kein ausreichender Anzugsstrom für das Einspritzmagnetventil aufgebaut werden. D. h., ( $I < I_A$ ) Fig. 2 zeigt, dass der Strom  $I$  durch die Magnetspule sehr schnell abfällt und der Regelbereich der Anzugsstromregelung nicht erreicht wird und damit eine sichere Öffnung des Magnetventils nicht mehr gewährleistet ist.

Um eine gute Dynamik des Ventils zu erreichen, sollte das Niveau des Stroms durch das Einspritzventil möglichst während der gesamten Öffnungsbewegung der Ventalnadel in der Anzugsphase  $T_A$  auf hohem Niveau verharren. Eine theoretisch vorstellbare, dieses hohe Stromniveau herstellbare lange Boosterphase über die gesamte Anzugsphase ist wegen der hohen Energieentnahme aus dem internen Boo-

sterkondensator nicht sinnvoll. Bei realistischen Anwendungen dient die Boosterphase dazu, möglichst rasch ein hohes Stromniveau zu erreichen, wobei ein großer Anteil der Boosterenergie zu Anfang der Anzugsphase  $T_A$  in Wirbelströmen umgesetzt wird. Noch bevor die Ventalnadel vollständig geöffnet ist, wird im Stand der Technik unter bestimmten Betriebsbedingungen die Boosterphase  $B_1$  abgebrochen, der Ventilstrom wird aus der Batterie getrieben und sinkt ab. D. h., dass während der eigentlichen Flugphase, das ist die Phase, während der sich die Ventalnadel bewegt, die Magnetkraft schon wieder von ihrem Maximalwert abgesunken ist. Dies bedeutet eine schlechte Dynamik des Magnetventils.

### Aufgabe und Vorteile der Erfindung

Angesichts der oben geschilderten Nachteile des Standes der Technik ist es allgemein Aufgabe der Erfindung, die Boosterenergie ökonomisch zu nutzen und außerdem das Einschaltverhalten des Ventils auch bei kleiner Batteriespannung zu verbessern.

Gemäß einem wesentlichen Aspekt der Erfindung wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass während der Ansteuerphase des Magnetventils mehrere Boosterimpulse nacheinander aktiviert werden. Grundsätzlich ist deren zeitliche Lage innerhalb der Ansteuerphase frei wählbar.

Somit kann bei einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung nach dem ersten zu Beginn der Anzugsphase aktivierten Boosterimpuls ein weiterer Boosterimpuls noch vor oder während der Flugphase der Ventalnadel aktiviert werden.

Gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel kann nach dem zu Beginn der Anzugsphase aktivierten ersten Boosterimpuls ein weiterer Boosterimpuls am Ende oder unmittelbar nach der Flugphase der Ventalnadel aktiviert werden.

Schließlich kann bzw. können gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel ein weiterer Boosterimpuls oder mehrere weitere Boosterimpulse während der Haltephase des Magnetventils aktiviert werden, wenn in dieser Haltephase die Spannung der Versorgungsbatterie unter einer bestimmten Schwellenspannung liegt.

Die oben geschilderten Ausführungsbeispiele der Erfindung können auch miteinander kombiniert werden.

Durch die mehrfache Boosterung kann die Energie bzw. der maximale Strom der einzelnen Boosterimpulse im Vergleich zu einer langen Einzelboosterung mit sehr hoher Stromstärke verringert werden. Eine verringerte Spitzenstromstärke bringt eine geringere Belastung der Bondierungsinseln für integrierte Schaltkreise, der Hybridbaugruppen und eine kleinere Speicherkapazität des Boosterkondensators.

Durch geeignete Wahl der Zeitpunkte des zweiten und gegebenenfalls dritten Boosterimpulses kann der Aufbau der Magnetkraft zeitlich frei variiert werden. Dies führt zu einer Verringerung der Wirbelstrombildung, und die Boosterenergie kann je nach zeitlichem Bedarf des Magnetventils zugeführt werden. Dadurch können das Losreißen der Ventalnadel des Magnetventils vom unteren Anschlagpunkt unterstützt, der Nadelflug beschleunigt und Anschlagpreller am oberen Anschlag der Ventalnadel unterdrückt werden.

Ferner lässt sich bei einer zu geringen Batteriespannung, die nicht ausreicht, um einen genügend hohen Strom durch das Hochdruckeinspritzventil zu treiben, dennoch durch die Mehrfachboosterung das Stromniveau anheben und damit ein sicherer Betrieb des Hochdruckeinspritzmagnetventils gewährleisten.



Nachstehend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert.

Fig. 1 zeigt graphisch in Form eines Signal-Zeitdiagramms den bereits beschriebenen gewöhnlichen Verlauf des Stroms und der Spannung durch eine bzw. an einer Magnetspule eines Einspritzventils bei Einfachboosterung.

Fig. 2 zeigt graphisch den ebenfalls bereits beschriebenen Fall, wenn beim bekannten Verfahren mit Einfachboosterung die Batteriespannung zu klein wird.

Fig. 3A zeigt graphisch in Form eines Signal-Zeitdiagramms den Stromverlauf durch eine Magnetspule gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens mit Zweifachboosterung.

Fig. 3B zeigt graphisch die Auslenkung einer Ventilnadel während der Ansteuerphase eines Hochdruckeinspritzmagnetventils, und

Fig. 3C zeigt graphisch den Strom- und Spannungsverlauf über der Zeit eines zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung mit Dreifachboosterung.

#### Ausführungsbeispiele

Die graphische Darstellung der Fig. 3A zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem bei relativ niedriger Batteriespannung  $U_{BATT}$  eine Zweifachboosterung stattfindet. D. h., nach dem ersten zu Beginn der Anzugsphase  $T_A$  aktivierten Boosterimpuls  $B_1$  wird ein weiterer Boosterimpuls  $B_{21}$  aktiviert, der, wie ein Vergleich mit der die Auslenkung  $X$  der Ventilnadel darstellenden Fig. 3B unmittelbar deutlich macht, während der Flugphase  $f$  der Ventilnadel erfolgt. Dadurch wird das in Fig. 3A gestrichelt eingezeichnete Absinken des Stroms durch die Magnetspule vermieden, so dass der Regelbereich der Anzugstromregelung trotz der niedrigen Batteriespannung  $U_{BATT}$  erreicht wird und eine sichere Öffnung des Ventils gewährleistet ist. So kann durch die zweifache Boosterung auch bei niedriger Batteriespannung  $U_{BATT}$  das Stromniveau während der Anzugsphase  $T_A$  hochgehalten und dadurch das Ventil sicher geöffnet werden.

Fig. 3C zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Ansteuerverfahrens, bei dem unmittelbar nach der Flugphase nach dem zweiten Boosterimpuls  $B_{21}$  ein dritter Boosterimpuls  $B_{22}$  aktiviert wird, der das Prellen  $p$  der Ventilnadel am oberen Anschlag unterdrückt.

Gemäß einem weiteren in der Figur nicht dargestellten Ausführungsbeispiel kann bzw. können ein weiterer Boosterimpuls oder mehrere weitere Boosterimpulse während der Haltephase  $T_H$  aktiviert werden, falls aufgrund eines hohen ohmschen Widerstands im Stromkreis selbst der Haltestrom  $I_H$  nicht mehr aus der Batterie aufgebracht werden kann.

Das in der Figur dargestellte Ansteuerverfahren wird bevorzugt durch eine Vorrichtung zur Ansteuerung eines Magnetventils zur Kraftstoffeinspritzung in eine Brennkraftmaschine, die die Ansteuerungsphase des Magnetventils in eine Anzugsphase, während der eine Ventilnadel des Magnetventils durch eine erste durch eine Magnetspule desselben fließende Stromstärke zum Öffnen gebracht wird und in eine Haltephase unterteilt, während der die Ventilnadel im geöffneten Zustand durch eine zweite, geringere durch die Magnetspule fließende Stromstärke gehalten wird, und die wenigstens einmal zu Beginn der Anzugsphase eine Boosterphase aktiviert und dabei einen impulsförmigen Boosterstrom aus einem auf eine hohe Spannung aufgeladenen Boosterkondensator oder aus einer sonstigen Stromquelle durch die Magnetspule fließen lässt, durchgeführt, die Mittel zur

Aktivierung mehrerer Boosterimpulse zu wählbaren Zeitpunkten innerhalb der Ansteuerphase des Magnetventils aufweist.

Diese Aktivierungsmittel können mit Messmitteln verbunden sein zur Messung wenigstens der Anzugsstromstärke  $I_A$ , der Haltestromstärke  $I_H$ , der Batteriespannung  $U_{BATT}$  der Versorgungsbatterie, der Boosterspannung  $U_{BOOST}$  und der Boosterstromstärke  $I_{BOOST}$ .

Somit ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren außer der Sicherung des Betriebs eines Hochdruckeinspritzventils bei geringer Batteriespannung durch die Aktivierung mehrerer Boosterimpulse und dadurch die Anhebung des Stromniveaus, so dass ein sicheres Öffnen bzw. Geöffnethalten des Hochdruckeinspritzventils gewährleistet ist, eine ökonomischere und variable Nutzung der Boosterenergie, indem durch die Mehrfachboosterung die Wirbelstrombildung verringert und Boosterenergie je nach zeitlichem Bedarf zur Verfügung gestellt wird. Dadurch lässt sich das Losreißen der Ventilnadel von ihrem unteren Anschlagpunkt unterstützen, der Nadelflug beschleunigen und Anschlagpreller am oberen Anschlag der Ventilnadel unterdrücken.

Durch die mehrfache Boosterung kann die Energie bzw. der maximale Strom des einzelnen Boosterimpulses, wie ein Vergleich der die herkömmliche Einzelboosterung veranschaulichenden Fig. 1 und 2 zeigt, verringert werden. Dadurch lässt sich die Spitzenbelastung der Bondierungsinseln für die integrierten Schaltungen und der Hybridbaugruppen und die Speicherkapazität des Boosterkondensators verringern.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Ansteuerung eines Magnetventils, insbesondere zur Kraftstoffeinspritzung in eine Brennkraftmaschine, wobei die Ansteuerphase des Magnetventils in eine Anzugsphase ( $T_A$ ), während der eine Ventilnadel des Magnetventils durch eine erste durch eine Magnetspule desselben fließende Stromstärke ( $I_A$ ) zum Öffnen gebracht wird und in eine Haltephase ( $T_H$ ) unterteilt ist, während der die Ventilnadel im geöffneten Zustand durch eine zweite, geringere durch die Magnetspule fließende Stromstärke ( $I_H$ ) gehalten wird und wobei wenigstens einmal zu Beginn der Anzugsphase ( $T_A$ ) eine Boosterphase ( $B_1$ ) aktiviert wird, bei der ein impulsförmiger Boosterstrom ( $I_{BOOST}$ ) aus einem auf eine hohe Spannung ( $U_{BOOST}$ ) aufgeladenen Boosterkondensator oder aus einer sonstigen Stromquelle durch die Magnetspule fließt, **dadurch gekennzeichnet**, dass während der Ansteuerphase des Magnetventils mehrere Boosterimpulse ( $B_1$ ,  $B_{21}$ ,  $B_{22}$ ) nacheinander aktiviert werden, deren zeitliche Lage innerhalb der Ansteuerphase frei wählbar ist.

2. Ansteuerverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem ersten, zu Beginn der Anzugsphase ( $T_A$ ) aktivierten Boosterimpuls ( $B_1$ ) ein weiterer Boosterimpuls ( $B_{21}$ ) noch vor Beginn oder während der Flugphase der Ventilnadel aktiviert wird.

3. Ansteuerverfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem zu Beginn der Anzugsphase ( $T_A$ ) aktivierten ersten Boosterimpuls ( $B_1$ ) ein weiterer Boosterimpuls ( $B_{22}$ ) am Ende oder unmittelbar nach der Flugphase der Ventilnadel aktiviert wird.

4. Ansteuerverfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein weiterer Boosterimpuls oder mehrere Boosterimpulse während der Haltephase ( $T_H$ ) des Magnetventils aktiviert wird bzw. werden, wenn in dieser Phase die Spannung ( $U_{BATT}$ ) der Versorgungsbatterie unter einer bestimm-

ten Schwellenspannung liegt.

5. Vorrichtung zur Ansteuerung eines Magnetventils, insbesondere zur Kraftstoffeinspritzung in eine Brennkraftmaschine, die die Ansteuerungsphase des Magnetventils in eine Anzugsphase ( $T_A$ ), während der eine Ventilnadel des Magnetventils durch eine erste durch eine Magnetspule desselben fließende Stromstärke ( $I_A$ ) zum Öffnen gebracht wird und in eine Haltephase ( $T_H$ ) unterteilt, während der die Ventilnadel im geöffneten Zustand durch eine zweite, geringere durch die Magnetspule fließende Stromstärke ( $I_H$ ) gehalten wird, und die wenigstens einmal zu Beginn der Anzugsphase ( $T_A$ ) eine Boosterphase ( $B_1$ ) aktiviert und dabei einen impulsförmigen Boosterstrom ( $I_{BOOST}$ ) aus einem auf eine hohe Spannung ( $U_{BOOST}$ ) aufgeladenen Boosterkondensator oder aus einer sonstigen Stromquelle durch die Magnetspule fließen lässt, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung Mittel zur Aktivierung mehrerer Boosterimpulse ( $B_1, B_{21}, B_{22}$ ) zu wählbaren Zeitpunkten innerhalb der Ansteuerphase des Magnetventils aufweist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Aktivierungsmittel mit Messmitteln wenigstens zur Messung

- der Anzugsstromstärke ( $I_A$ ),
- der Haltestromstärke ( $I_H$ ),
- der Batteriespannung ( $U_{BATT}$ ) einer Versorgungsbatterie,
- der Boosterspannung ( $U_{BOOST}$ ) und
- der Boosterstromstärke ( $I_{BOOST}$ )

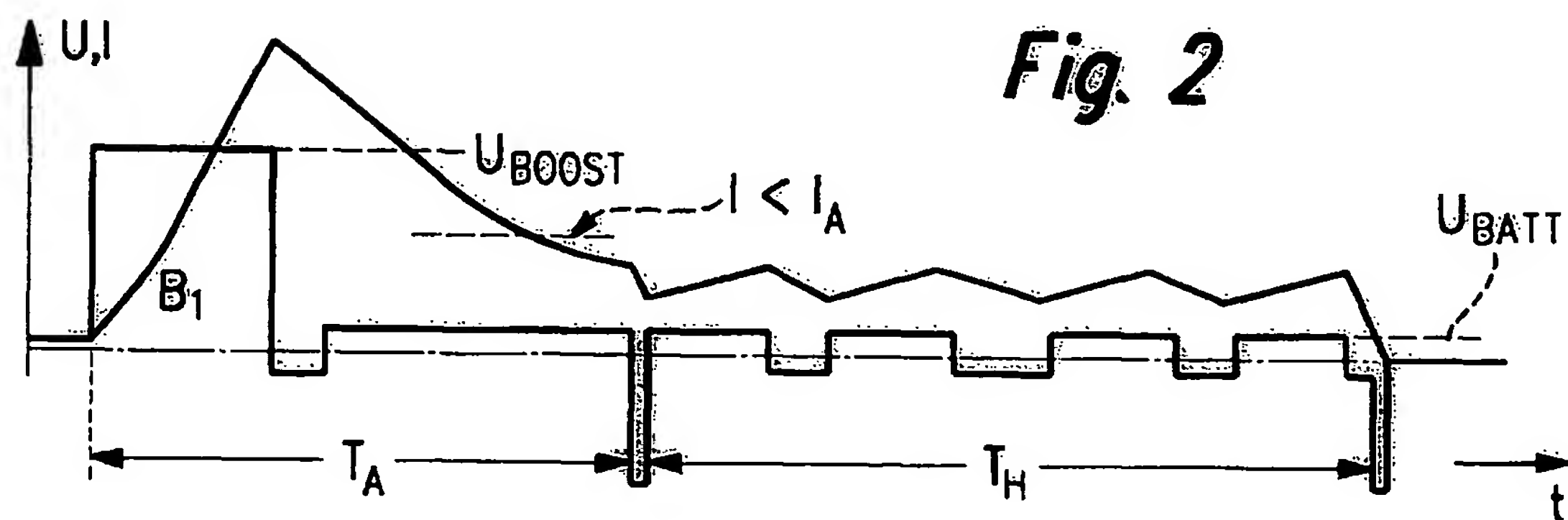
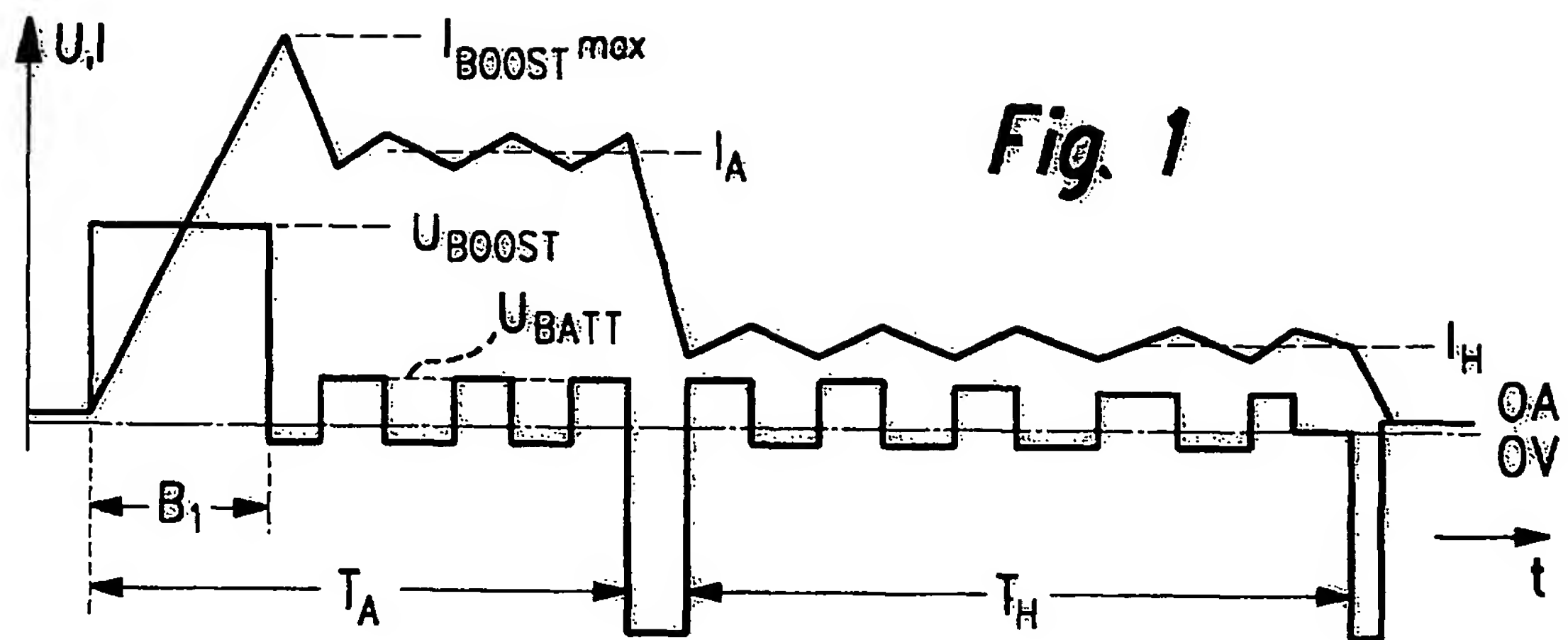
verbunden sind.

7. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1–4 für ein Hochdruckeinspritzmagnetventil bei der Benzindirekteinspritzung.

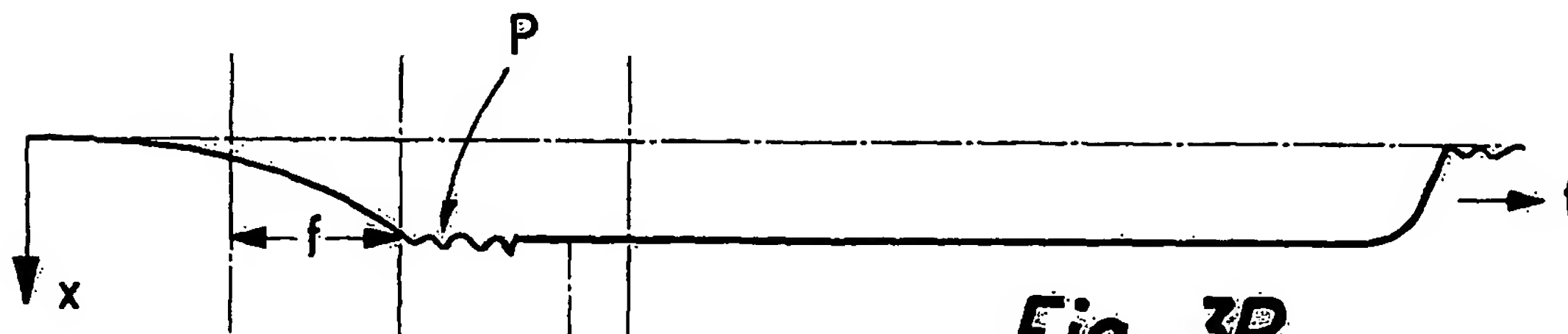
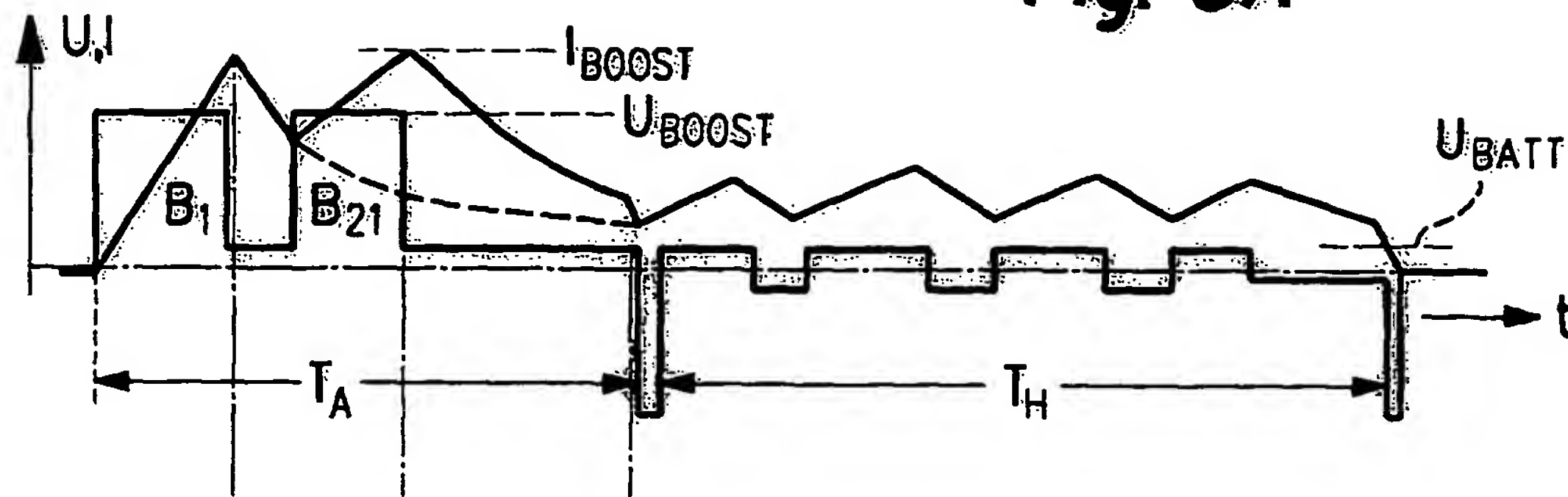
---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

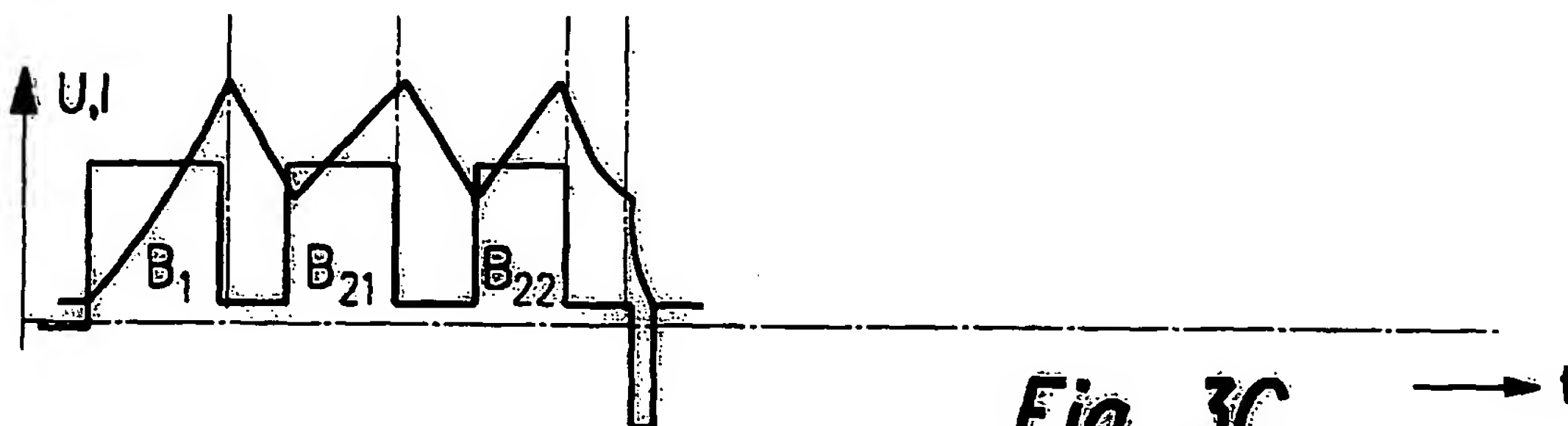
---



**Fig. 3A**



**Fig. 3B**



**Fig. 3C**